

КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ ПОНЯТИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

CONCEPTUALIZING CATEGORIES FOR AUTOMATED INTELLIGENT SYSTEMS

Ольга Максимовна Корчажкина **Olga Maximovna Korchazhkina**

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

olgakomax@gmail.com

Институт кибернетики и образовательной
информатики
Федерального исследовательского центра
«Информатика и управление» Российской
академии наук, Москва, Россия

Institute for Cybernetics and Informatics in
Education of Federal Research Centre “Computer
Science and Control” of The Russian Academy of
Sciences, Moscow, Russia

Аннотация. Обсуждается проблема концептуализации понятий предметной области «Планиметрия» и их оформление в виде прототипа онтологии. Приводится пример решения конкретной задачи на построение, представляющей понятие «геометрическое место точек», которое может быть включено в базу знаний соответствующей автоматизированной интеллектуальной системы.

Ключевые слова: понятийная категория, концепт, онтология, прототип, автоматизированная интеллектуальная система, база знаний, геометрическое место точек, геометрия, планиметрия.

Abstract. The article discusses the problem of how to conceptualize categories of the subject area “Planimetry” and organize them as a prototype of the ontology. Also, an example of solving a problem of specific geometric construction is presented, which mirrors a concept of “locus of points”. The concept can be included in the knowledge base of the corresponding automated intellectual system.

Keywords: conceptual category, concept, ontology, prototype, automated intelligent system, knowledge base, locus of points, geometry, planimetry.

Известно, что необходимым компонентом при разработке баз знаний предметных областей для интеллектуальных систем является этап концептуализации, на котором «проводится содержательный анализ проблемной области, выявляются используемые понятия и их взаимосвязи, определяются методы решения задач» [1, с. 37].

Концептуализация представляет собой категоризацию элемента, т. е. отнесение его к некоторому понятию, затем происходит организация всех рассматриваемых элементов в виде

иерархической структуры. Особенно наглядно процедуру категоризации можно проследить на примере предметных областей, содержащих, наравне с абстрактными, и конкретные категории, особенно те из них, которые могут быть переданы в визуальной форме. Одной из таких предметных областей является элементарная геометрия, на примере которой в настоящей статье рассматривается прототип одного из разделов соответствующей онтологии. Эта онтология содержит формализованные элементы, представленные в виде концепту-

альной схемы решения творческой задачи на построение.

Несмотря на то, что обобщенные понятия, составляющие основу школьного курса геометрии, довольно легко поддаются формализации, проблема создания интеллектуальных систем с последующим использованием средств информационно-компьютерных технологий для решения творческих — неформализованных — геометрических задач на построение вызывает определенные трудности. Поэтому онтология понятий из предметной области «Планиметрия», предоставляющая знаниевые инструменты для многочисленных построений, выдвижения гипотез и их верификации, может являться объектом особого интереса для разработчиков автоматизированных интеллектуальных систем.

Обобщенные понятия в курсе планиметрии подразделяются на несколько уровней. Прежде всего это **сущностные категории**: абстрактные сущностные категории (теорема, аксиома, формула, вывод, правило, признак, доказательство) и деятельностные (конкретно-функциональные) сущностные категории (равенство, подобие, симметрия, параллельность, система координат, пересечение, область, предел, степень, геометрическое место и пр.). На следующем уровне обобщения находятся **фундаментальные геометрические объекты**: базовые геометрические элементы (точка, прямая, кривая, плоскость) и геометрические фигуры (треугольник, окружность, квадрат, трапеция и пр.). Затем идет уровень **производных геометрических объектов**: производные простые элементы (луч, отрезок, дуга); производные объекты, возникающие как соотношение базовых и простых элементов между собой (параллельные прямые, перпендикуляр, угол, биссектриса); производные объекты, возникающие как соотношение между простыми элементами и фигурами, как правило, поддающиеся измерению (сторона, внутренний/внешний угол, основание, вершина, высота, медиана, радиус, диаметр, хорда, площадь круга/ромба, длина окружности, периметр, сектор, сегмент, средняя линия и пр.).

Существует еще три группы **универсальных понятий**: линейные и угловые единицы измерения (сантиметр, метр, градус, радиан),

константы (число $\pi = 3,14159$, «золотое сечение» — $\varphi = 1,618$, константа окружности — $\tau = 2\pi = 6,28308$) и конкретные правила (пропорции) и формулы (правило «золотого сечения», формулы для вычисления углов, площадей, длин отрезков, сторон, дуг, окружностей, соотношений между углами в треугольнике и пр.). Можно считать, что универсальные понятия в планиметрии находятся над иерархией описанных выше категорий, поскольку они конкретизируют их, «вдыхают жизнь» в неопределенные понятия.

В соответствии с приведенной классификацией можно составить простейшую онтологию понятийных категорий планиметрии с учетом функциональных возможностей конструктивной геометрии [2, с. 4], т. е. разветвленную сеть концептов, находящихся во взаимодействии друг с другом на разных уровнях обобщения:

- уровень 1 — **сущностные категории**:
 - абстрактные;
 - деятельностные (конкретно-функциональные);
- уровень 2 — **фундаментальные геометрические объекты**:
 - базовые геометрические элементы;
 - геометрические фигуры;
- уровень 3 — **производные геометрические объекты**:
 - производные простые элементы;
 - производные объекты, возникающие как соотношение базовых и простых элементов между собой;
 - производные объекты, возникающие как соотношение между простыми элементами и фигурами;
- уровень 4 — **универсальные понятия**:
 - линейные и угловые единицы измерения;
 - константы;
 - конкретные правила (пропорции) и формулы.

Особое место среди сущностно-деятельных категорий занимают обобщенные понятия, которые, с одной стороны, заключают в себе свойства целого класса однородных или сходных геометрических объектов, а с другой — сами могут являться реальными геометрическими объектами, образованными упорядоченной совокупностью определенных элементов как части объектов данного класса. К подобным категориям относится

распространенное понятие «геометрическое место точек» (ГМТ). Характеризуя заданные свойства совокупности точек, принадлежащих некоторой группе геометрических объектов, любое ГМТ является геометрической фигурой, состоящей из всех точек, удовлетворяющих этому свойству. Если находится еще какая-либо точка, обладающая этим свойством, то она определенно принадлежит указанному геометрическому месту точек. И наоборот: если точка принадлежит указанному ГМТ, то она определенно обладает свойством, которым обладают все остальные точки этого геометрического места точек.

Простейшими ГМТ на плоскости являются:

- окружность как геометрическое место точек, равноудаленных от фиксированной точки;
- перпендикуляр, восстановленный из середины отрезка как геометрическое место точек, равноудаленных от обоих концов отрезка;
- пара прямых, параллельных фиксированной прямой и расположенных симметрично относительно нее, как геометрическое место точек, равноудаленных от фиксированной прямой;
- биссектрисы угла, образованного двумя пересекающимися прямыми, как геометрическое место точек, равноудаленных от каждой из пересекающихся прямых;
- прямая как геометрическое место точек, равноотстоящих от двух фиксированных параллельных прямых;
- две дуги окружностей одинакового радиуса, являющихся для данного отрезка общей хордой, как геометрическое место точек, из которых некоторый отрезок виден под фиксированным углом.

В качестве примера рассмотрим построение ГМТ — середин хорд, исходящих из общей точки A , выбранной произвольно на некоторой окружности с центром в точке O (рис. 1). Эта задача является промежуточным этапом одного из решений парадокса Бертрана [3, с. 36]. Искомым геометрическим местом точек является окружность, внутренняя по отношению к данной окружности, касающаяся ее в точке исхода хорд и имеющая радиус, равный половине радиуса данной окружности.

Алгоритм решения задачи на построение ГМТ — середин хорд состоит в следующем (см. рис. 1):

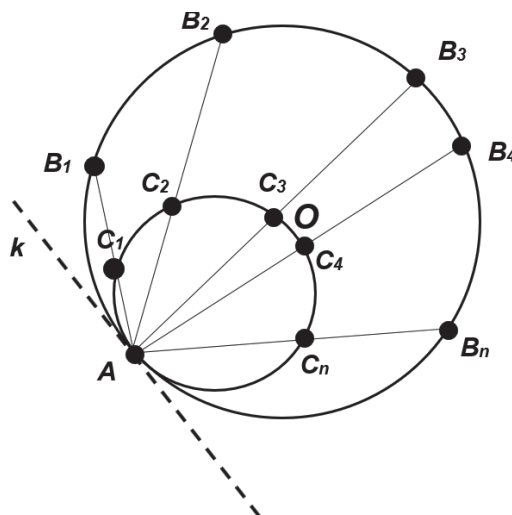


Рис. 1. Графическое решение задачи на построение ГМТ — середин хорд, исходящих из точки окружности

- 1) строится окружность с центром в точке O ;
- 2) на окружности выбирается произвольная точка A , из которой проводится веер хорд: $AB_1, AB_2, AB_3, AB_4, \dots AB_n$;
- 3) находится середина каждой хорды (точки $C_1, C_2, C_3, C_4, \dots C_n$), которые соединяются замкнутой кривой;
- 4) доказывается, что полученное ГМТ является окружностью, проходящей через точки A и O и имеющей радиус вдвое меньший, чем исходная окружность [4].

Композиция (произведение) преобразований для нахождения середин отрезков уже описана в научной литературе [5]. *Композицией преобразований* называется цепь преобразований, являющихся результатом последовательного осуществления модификаций (движений) объекта, полученного на предыдущем шаге построения. К элементарным преобразованиям геометрических объектов относятся параллельный перенос, поворот, симметрия (относительно точки и прямой), подобие. Формализация композиции преобразований геометрических объектов (пошаговое представление преобразования объекта на формальном языке — например, в виде блок-схемы), необходима для создания автоматизированных информационных систем, используемых для решения задач на построение. В рассмотренной задаче, представленной на рис. 1, середины хорд окружности являются искомым ГМТ, поэтому можно воспользоваться преобразованием, предложенным в работе А. Л. Межень, Е. С. Пашкевич, К. А. Са-

фоненко как исходным [5]. Для построения композиции преобразований, с помощью которых может быть получено решение, требуется осуществить поворот хорды в пределах развернутого угла k с вершиной в точке A (см. рис. 1), причем длины хорд будут ограничиваться исходной окружностью, изменяясь от нуля до длины ее диаметра AB_3 при 90° к сторонам развернутого угла и далее снова до нуля. Значит второй конец каждой хорды будет являться точкой пересечения исходной окружности и луча, исходящего из точки A . Следовательно, композиция преобразований, представленная в упомянутой научной работе [5, с. 133], может быть дополнена решением для одной из хорд AB_n , выполненным на формальном языке (рис. 2).

Итак, в настоящей статье были рассмотрены два важнейших аспекта, которые необходимо учитывать при создании автоматизированных интеллектуальных систем, поскольку в их функционал закладывается решение нестандартных задач:

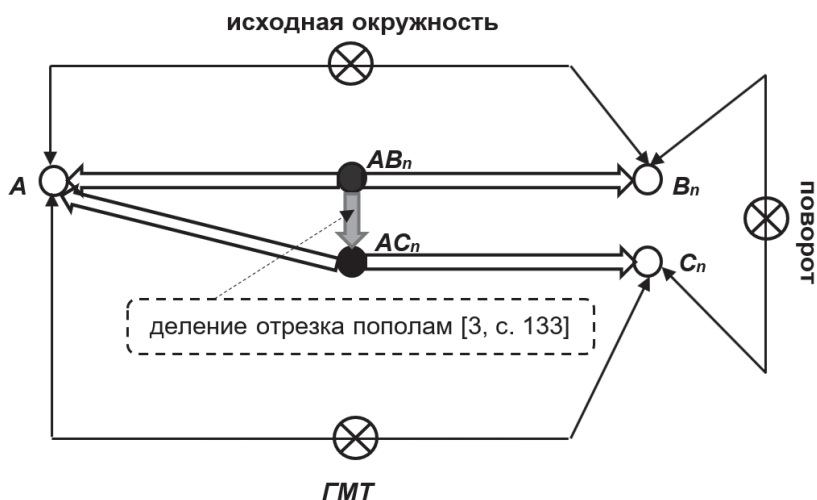


Рис. 2. Упрощенная композиция преобразований на поиск ГМТ – середин хорд, исходящих из точки окружности

1) прототип одного из разделов онтологии понятийных категорий планиметрии, позволяющий совместить знаниевые и прагматические компоненты предметной области «Геометрия», обеспечивает возможность поиска новых способов решения задач на построение за счет использования упорядоченной совокупности соответствующих обобщенных понятий;

2) на примере понятия геометрического места точек продемонстрировано решение нестандартной задачи из области конструктивной геометрии, требующей многочисленных построений при использовании традиционных способов.

Отметим, что композиция преобразований геометрических объектов, фигурирующих в задаче, предложенная в виде формализованной блок-схемы, предоставляет четкий пошаговый алгоритм, являющийся необходимым условием создания автоматизированных интеллектуальных систем, ориентированных на решение подобных задач.

Список литературы

1. Ясницкий, Л. Н. Интеллектуальные системы: учебник / Л. Н. Ясницкий. Москва: Лаборатория знаний, 2016. 221 с. Текст: непосредственный.
2. Четверухин, Н. Ф. Методы геометрических построений: учебное пособие / Н. Ф. Четверухин. Москва: ЛЕНАНД, 2018. 152 с. Текст: непосредственный.
3. Корчажкина, О. М. Метод виртуального статистического эксперимента при решении вероятностных задач / О. М. Корчажкина. Текст: непосредственный // Информатика и образование. 2018. № 6. С. 36–41.
4. Корчажкина, О. М. Решение геометрических задач с применением методики Пойа и привлечением ИКТ / О. М. Корчажкина. Текст: электронный // Электронное приложение к журналу «Математика в школе». 2018. № 4.
5. Межень, А. Л. Онтология предметной области геометрических преобразований / А. Л. Межень, Е. С. Пашкевич, К. А. Сафоненко. Текст: непосредственный // Информационные технологии и системы – 2017 (ИТС – 2017): материалы Международной научной конференции, Минск, 25 окт., 2017 г. Минск: Изд-во Белорус. гос. ун-та информатики и радиоэлектроники, 2017. С. 132–133.